

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

⑪ 公開特許公報 (A) 平4-677

⑤Int.Cl.⁵
 G 06 F 15/60
 1/18
 H 01 L 21/3205
 21/82

識別記号 370 P 庁内整理番号 7922-5L

⑩公開 平成4年(1992)1月6日

7832-5B G 06 F 1/00 320 G
 8225-4M H 01 L 21/82 W
 6810-4M 21/88 Z

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全8頁)

⑥発明の名称 配線長指定配線方法及び配線長指定配線システム

⑦特 願 平2-100335

⑧出 願 平2(1990)4月18日

⑨発明者 藤原 康之 滋賀県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑨発明者 関山 裕 滋賀県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

⑨発明者 楠原 治郎 神奈川県秦野市堀山下1番地 株式会社日立製作所神奈川工場内

⑩出願人 株式会社日立製作所

⑩代理人 弁理士 小川 勝男 外2名

明細書

1. 発明の名称

配線長指定配線方法及び配線長指定配線システム

2. 特許請求の範囲

1. プリント基板、集積回路等における信号遅延時間制約を考慮した配線パターンを、斜め方向配線層を含む少なくとも3層以上の配線層を同時に配線対象層として決定する配線長指定配線方法において、下記の(a)ないし(e)の配線経路決定手続きを有することを特徴とする配線長指定配線方法。

(a) 配線経路を決定すべき配線対象区間に對し、該配線対象区間の始点位置、終点位置、及び該配線対象区間に對する配線経路長許容範囲の上限値、下限値を入力し、手続き(b)を実行する。

(b) 上記始点位置と終点位置を結ぶ、上記配線対象層を用いて実現可能な、最小距離を算出し、手続き(c)を実行する。

(c) 上記始点位置と終点位置を結ぶ最小距離と上記配線経路長許容範囲とを比較し、該最小距離が該配線経路長の許容範囲内ならば、該始点位置から該終点位置に至る最短なる配線経路探索を行なつた後、配線経路決定手続きを終了する。

(d) 中継点を、上記始点位置と該中継点位置を結ぶ上記配線対象層上での最小距離と、該中継点位置と上記終点位置を結ぶ上記配線対象層上での最小距離の和が、上記配線経路長の許容範囲内になるよう設定し、手続き(e)を実行する。

(e) 上記始点位置から上記中継点位置に至る最短なる配線経路探索及び、上記中継点位置から上記終点位置に至る最短なる配線経路探索を行なつた後、配線経路決定手続きを終了する。

2. プリント基板、集積回路等における信号遅延時間制約を考慮した配線パターンを、斜め方向配線層を含む少なくとも3層以上の配線層を同

時に配線対象層として決定する配線長指定配線システムにおいて、

- (a) 配線経路を決定すべき配線対象区間に對し、該配線対象区間の始点位置、終点位置、及び該配線対象区間に對する配線経路長許容範囲の上限値、下限値を入力する手段。
- (b) 上記始点位置と終点位置を結ぶ、上記配線対象層を用いて実現可能な、最小距離を算出する手段。
- (c) 上記始点位置と終点位置を結ぶ最小距離と上記配線経路長許容範囲とを比較する手段。
- (d) 中繼点を、上記始点位置と該中繼点位置を結ぶ上記配線対象層上での最小距離と、該中繼点位置と上記終点位置を結ぶ上記配線対象層上での最小距離の和が、上記配線経路長の許容範囲内になるように設定する手段。
- (e) 上記始点位置から上記中繼点位置に至る最短なる配線経路探索及び、上記中繼点位置から上記終点位置に至る最短なる配線経路探索を行なう手段。

E) に対しては、一般に、次の条件が課せられる。
 $L - \Delta L \leq d(S, E) \leq L + \Delta L \quad \dots (1)$
 但し、(1)式において、 ΔL は許容誤差である。
 この(1)式の条件を満たす従来の配線経路決定方法は、与えられた配線区間を配線する場合に、水平方向(x方向)配線層と垂直方向(y方向)配線層をペアとする2層を用いて、配線経路探索することにより配線経路の決定を行なう方法である。

以下従来技術による配線方法を図面により説明する。

第9図から第11図は、従来技術による配線経路の決定方法を説明する図である。

従来の配線経路決定方法では、第9図に示すように、配線対象区間(S, E)に対しあらかじめ中繼点Tを、

$$d(S, T) + d(T, E) = L \quad \dots (2)$$

を満足するように設定した後、第10図に示すように、中繼点Tによって分割された複数の区間(S, T), (T, E)に対しそれぞれ迷路法、線

を有することを特徴とする配線長指定配線システム。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、プリント基板、集積回路等の配線パターンを計算機を用いて自動決定する方法及びシステムに係り、特に、信号遅延と回路動作特性を考慮し、所望の信号に対する配線パターンを指定された配線長にて自動決定するのに好適な配線長指定配線方法及び配線長指定配線システムに関する。

〔従来の技術〕

プリント基板、集積回路等において、信号遅延と回路動作特性を考慮し、所望の配線区間に對し指定された配線長Lで配線経路を決定する方法として、例えば、特開昭59-29247号等に記載された技術がある。

所望の配線区間が(S, E)として与えられたとき、指定された配線長Lで配線経路の決定を要求される場合、実際に得られる配線経路長d(S, E)

分探索法等を用いて配線経路の決定を行なつていた。但し、(2)式において、d(S, T), d(T, E)はそれぞれ区間(S, T), (T, E)に対するX方向、Y方向を用いた最短距離すなわちマンハッタン距離を意味する。

第11図は、(2)式を満足する中繼点Tの設定方法の1例を示している。中繼点Tの設定にあたつては、まず、点Sを通過するx方向軸、y方向軸に平行な直線 ℓ_{x1}, ℓ_{y1} 、点Eを通過するx方向軸、y方向軸に平行な直線 ℓ_{x2}, ℓ_{y2} を求めた上で、 $\ell_{x1}, \ell_{x2}, \ell_{y1}, \ell_{y2}$ からそれぞれ距離 d_L にある中繼点設定用探索線 $T_{x1}, T_{x2}, T_{y1}, T_{y2}$ を、領域 $R_{x1}, R_{x2}, R_{y1}, R_{y2}$ の内部として決定する。ここで、距離 d_L は、2点(S, E)間のx方向距離 L_x 、y方向距離 L_y を用いて、

$$d_L = (L_x + L_y) / 2 \quad \dots (3)$$

として求めることができる。また領域 $R_{x1}, R_{x2}, R_{y1}, R_{y2}$ については、例えば領域 R_{x1} は、直線 ℓ_{x1} に關し点Eと反対側の領域

と 2 直線 δy_1 , δy_2 にはさまれた帯状の領域の共通領域として容易に求めることができる。中継点 T は、これらの探索線 T_{xz} , T_{zz} , T_{yz} , T_{zy} 上であり、かつ配線可能な未使用の格子点の中から選択することで設定できる。

このように、(2) 式を満足する中継点 T を設定し、中継点によって分割された区間 (S, T), (T, E) を最短に配線経路探索することにより、指定配線長 L に対し、過不足のない配線経路長を実現することができる。

【発明が解決しようとする課題】

しかし、前記従来技術は配線経路探索を水平方向配線層と垂直方向配線層のみ用いて行なつていたため、指定可能な配線長 L は配線対象区間 (S, E) のマンハッタン距離より大きくなればならず、配線対象区間のマンハッタン距離より短く配線長 L を指定する必要性のある信号遅延条件の厳しい配線区間に對しては、配線経路の決定が不可能であるという問題を有していた。

本発明の目的は、前述した従来技術の問題点を

解決し、プリント基板、集積回路等に対する配線経路の決定を、信号遅延と回路動作特性を考慮し、任意の指定配線長で経路決定することを可能とした配線長指定配線方法及び配線長指定配線システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、前記目的は、以下の手段により達成される。

(a) 水平方向、垂直方向配線層に加えて、斜め方向配線層を有する少なくとも 3 層以上の配線層を同時に配線対象層として、迷路法、線分探索法等による最短配線経路の発見が可能な配線パターン決定システムを用いる。

(b) 配線対象区間 (S, E) に対する中継点 T の設定を、2 点 (S, T) 間及び 2 点 (T, E) 間の距離を、上記斜め方向配線層を含む少なくとも 3 層以上の配線層を配線対象層として実現可能な最小距離として算出する方法により、実行する。

以下第 3 図から第 8 図を用いて上記説明を補足

する。第 3 図から第 8 図は、斜め方向配線層を含む少なくとも 3 層以上の配線層を同時に配線対象層として決定する配線パターン決定システムにおいて、上記本発明により配線経路の決定処理を行なつた 1 例として、配線対象区間 (S, E) に対する配線経路決定処理を、水平方向 (x 方向) 配線層、垂直方向 (y 方向) 配線層、斜め +45° 方向配線層、斜め -45° 方向配線層の計 4 層を同時に用いながら、指定配線長 L とマンハッタン距離の大小関係に係らず、該区間 (S, E) の配線経路長 $\delta(S, E)$ を前記(1) 式で示す制約条件を満足するように実行するようすを示している。

本例では第 3 図に示すように、配線対象区間 (S, E) に対しあらかじめ中継点 T を

$$\delta(S, T) + \delta(T, E) = L \quad \dots (4)$$

を満足するように設定した後、第 4 図に示すように、中継点 T によって分割された複数の区間 (S, T), (T, E) に対し、x, y 方向及び斜め $\pm 45^\circ$ 方向配線層を同時に用いて、迷路法、線分探索法等により最短なる配線経路探索を行ない、

配線経路を決定する。但し、(4) 式において、 $\delta(S, T)$, $\delta(T, E)$ はそれぞれ区間 (S, T), (T, E) に対する上記 4 つの配線層を用いて実現可能な最小距離を意味する。

次にこのような中継点の設定方法を説明する。第 5 図に示すように、本例では 2 点 (S, E) 間の x 方向距離 L_x 、y 方向距離 L_y の関係に対し、4 通り、またその各々に対し指定配線長 L の大きさに応じて 3 通りの計 12 通りの中継点設定を行なつている。このうち第 6 図、第 7 図、第 8 図は

$$L_x > L_y \quad \dots (5)$$

$$L_x < (\sqrt{2} + 1) * L_y \quad \dots (6)$$

の関係を満たす場合の設定方法を示している。ここで(6) 式の関係は、x 方向配線層、y 方向配線層のみを用いて実現可能な (S, E) を結ぶ最小距離 (マンハッタン距離のことであり、 $L_x + L_y$ で与えられる) が、斜め +45° 方向配線層、斜め -45° 方向配線層のみを用いて実現可能な (S, E) を結ぶ最小距離 (この場合、 $\sqrt{2} * L_x$ で与えられる) より大きいことを示す。このうち、

第6図、第7図、第8図はそれぞれ指定配線長Lが

$$L < \sqrt{2} \cdot L_x \quad \dots (7)$$

$$\sqrt{2} \cdot L_x \leq L < L_x + L_y \quad \dots (8)$$

$$L \geq L_x + L_y \quad \dots (9)$$

の関係を満足する場合の設定方法を示している。以下これを説明する。

第6図は指定配線長Lが(7)式を満足する場合の設定方法を示している。中継点の設定にあたつては、まず点Sを通過するx方向軸、y方向軸、+45°方向軸、-45°方向軸に平行な4直線 $\ell_{x1}, \ell_{y1}, m_{x1}, m_{y1}$ 、点Eを通過するx方向軸、y方向軸、+45°方向軸、-45°方向軸に平行な4直線 $\ell_{x2}, \ell_{y2}, m_{x2}, m_{y2}$ を求めた上で、 m_{y1}, m_{y2} から距離d_mにある中継点設定用探索線 $T_{m1}, T_{m2}, \ell_{x1}, \ell_{x2}$ から距離d_ℓにある中継点設定用探索線 $T_{\ell1}, T_{\ell2}$ をそれぞれ図に示す領域 $R_{m1}, R_{m2}, R_{\ell1}, R_{\ell2}$ の内部として決定する。ここで距離d_m, d_ℓは計算式

$$d_m = [L - ((\sqrt{2} - 1) \cdot L_x + L_y)] / 2 \quad \dots (12)$$

により行なう。

第8図は指定配線長Lが(9)式を満足する場合の設定方法を示している。この場合も上記の2つの場合と同様であるが、第7図に示す場合と異なるのは、点S、点Eを通過する-45°方向軸に平行な直線 m_{y1}, m_{y2} から、それぞれ距離d_mにある中継点設定用探索線 T_{m1}, T_{m2} の決定方法である。この場合、探索線 T_{m1}, T_{m2} の決定は、第7図の場合とは相対的に異なる領域 R_{m1}, R_{m2} の内部として行なう。さらに、この場合、距離d_mの算出は

$$d_m = [L - (L_x - (\sqrt{2} - 1) \cdot L_y)] / 2 \quad \dots (13)$$

により行なう。

以上(5)、(6)式の関係を満たす場合の中継点の設定方法について述べたが、これ以外の場合についても同様に中継点を設定することができる。

〔作用〕

$$d_m = [L - (L_x + (\sqrt{2} - 1) \cdot L_y)] / [2 \cdot (\sqrt{2} - 1)] \quad \dots (10)$$

$$d_\ell = [L - (L_x + (\sqrt{2} - 1) \cdot L_y)] / [2 \cdot (\sqrt{2} - 1)] \quad \dots (11)$$

により求めることができる。中継点Tはこれらの中継点設定用探索線上にありかつ配線可能な未使用の格子点の中から選択することで設定できる。

第7図は指定配線長Lが(8)式を満足する場合の設定方法を示している。この場合、基本的な処理は第6図に示す方法と同じであり特に、点S、点Eを通過する-45°方向軸に平行な直線 m_{y1}, m_{y2} から距離d_mにある中継点設定用探索線 $T_{m1}, T_{m2}, \ell_{x1}, \ell_{x2}$ から距離d_ℓにある中継点設定用探索線 $T_{\ell1}, T_{\ell2}$ の決定方法は第6図に示す方法と全く同じであり、距離d_mの計算は(10)式により行なうことができる。しかし、点S、点Eを通過するx方向軸に平行な直線 ℓ_{x1}, ℓ_{x2} から距離d_ℓにある中継点設定用探索線 $T_{\ell1}, T_{\ell2}$ は、第6図の場合とは相対的に異なる領域 $R_{\ell1}, R_{\ell2}$ の内部として決定する。さらに、この場合、距離d_ℓの算出は

上記手段を用いた配線長指定配線方法では、水平方向、垂直方向配線層に加えて、斜め方向配線層を有する少なくとも3層以上の配線層を同時に配線対象層とした上で、配線対象区間にに対する中継点の設定に關し、該区間の始点と中継点間及び中継点と該区間の終点間の距離を、上記斜め方向配線層を含む少なくとも3層以上の配線層を配線対象層として実現可能な最小距離として定義している。そしてその定義に従つて、上記手段を用いた配線長指定配線方法では、配線対象区間のマンハッタン距離と指定配線長の大小に係らず、中継点設定用探索線を、上記始点と中継点間の距離と上記中継点と終点間の距離の和が過不足なく指定配線長になるような位置に決定する手段を与えるので、結果として任意の指定配線長による経路決定が可能となる。

〔実施例〕

以下、本発明の一実施例を第1図及び第2図により、前述した第3図から第8図に示す本発明の方法を説明する図により補足しながら、説明する。

第1図は本発明の一実施例の方法を説明するフローチャート、第2図は本発明の一実施例の方法を実行する処理システムの構成を示すプロック図である。

本発明の一実施例による配線方法では、第2図に示すような処理システムにより、第1図に示すフローチャートに従つて実行される。本発明の方法を実行する処理システムは、第2図に示すように、第1図に示すフローチャートに従つた自動配線処理及びシステム全体の制御を行なうコンピュータ201と、プリント基板、集積回路等の配線層の構成、各配線層における配線方向等を定義した実装系情報ファイル202と、配線対象区間及び該区間にに対する配線条件等を格納したネット情報ファイル203と、配線パターン情報を格納したパターン情報格納ファイル204と、コンピュータ201において実行される自動配線処理に対し入出力するファイル名等のパラメータを与えるために使用するコンソールディスプレイ装置205と、自動配線実行後の未配線情報、統計情報等の

各種情報を出力するリスト出力装置206とにより構成されている。

このように構成された処理システムによる配線方法の具体例を第1図のフローチャートにより、前述した第3図から第8図に示す本発明の方法を説明する図により補足しながら、以下に説明する。

まず、配線対象区間(S, E)、指定配線長Lおよびその許容誤差 ΔL をネット情報格納ファイル203から入力し、配線層の構成、各配線層における配線方向等を実装系情報ファイル202から入力し、配線済の配線パターンをパターン情報格納ファイル204から入力し配線処理に必要な環境を設定する(101)。次に、x方向配線層、y方向配線層、斜め+45°方向配線層、斜め-45°方向配線層の計4層を同時に用いて実現可能な2点S, Eを結ぶ最小距離 $\delta(S, E)$ を算出する(102)。ここで該最小距離 $\delta(S, E)$ と指定配線長Lの比較を行ない(103)。もし、

$$L - \Delta L < \delta(S, E) < L + \Delta L \quad \dots (14)$$

を満足するならば、配線対象区間(S, E)に對

する最短なる配線経路探索を実行した後(104)、配線経路探索により決定した配線パターンをパターン情報格納ファイル204に出力して(109)、処理を終了する。

もし(14)式を満たさない場合には、上記最小距離 $\delta(S, E)$ と指定配線長Lの比較を再度行ない(105)。もし

$$\delta(S, E) \leq L - \Delta L \quad \dots (15)$$

を満足するならば、配線対象区間(S, E)に對する中継点Tを、2点S, T間および2点T, E間を結ぶ最小距離 $\delta(S, T)$, $\delta(T, E)$ に對して、

$$\delta(S, T) + \delta(T, E) = L \quad \dots (16)$$

を満足するように設定する(106、第3図参照)。尚詳細には、このような中継点Tは第5図から第8図に示す方法により設定することができる。まず第5図に示すように、2点S, Eに対するx方向距離 L_x 、y方向距離 L_y を算出した後、 L_x , L_y 、及びLの関係が図中のどの場合に相当するか検査する。次にその場合に応じて、第6図から

第8図に示すような中継点を設定可能な探索線 T_{m1} , T_{m2} , $T_{\ell1}$, $T_{\ell2}$ を決定する。ここで第6図、第7図、第8図はそれぞれ、第5図における場合①、②、③に対応した探索線の決定方法を示している。そして最後に、求まつた中継点設定可能な探索線上の格子点の中から配線可能な未使用の格子点を選択することで、(16)式を満足する中継点Tを求めることができる。

以上のようにして求めた中継点Tにより分解された2つの区間(S, T), (T, E)に對し、ステップ107, 108で示す最短なる配線経路探索を実行した後(第4図参照)、配線経路探索により決定した配線パターンをパターン情報格納ファイル204に出力して(109)、処理を終了する。

一方、判定105において、(15)式を満足しない場合は、上記最小距離 $\delta(S, E)$ と指定配線長Lの関係が、

$$\delta(S, E) > L + \Delta L \quad \dots (17)$$

となることを意味し、このような配線経路の発見

は物理的に不可能であるのでただちに処理を了する。

以上、本発明による配線長指定配線方法の一実施例を説明したが、本実施例によれば配線対象区間の始点位置、終点位置間のx方向距離、y方向距離と指定配線長の関係に応じて、斜め配線層を含んだ少なくとも3層以上の配線層を対象とした中継点の設定及び配線経路探索を、配線対象区間のマンハッタン距離との大小に係らず実行可能であり、物理的に配線経路の発見が可能な限り、任意の指定配線長で配線パターンを決定することができる。

〔発明の効果〕

本発明によれば、配線対象区間のマンハッタン距離と指定される配線長との大小に係らず、任意の配線長で配線パターンの自動決定が可能であり、信号遅延や回路動作特性を高精度に考慮した配線設計を可能とするという効果がある。

4. 図面の簡単な説明

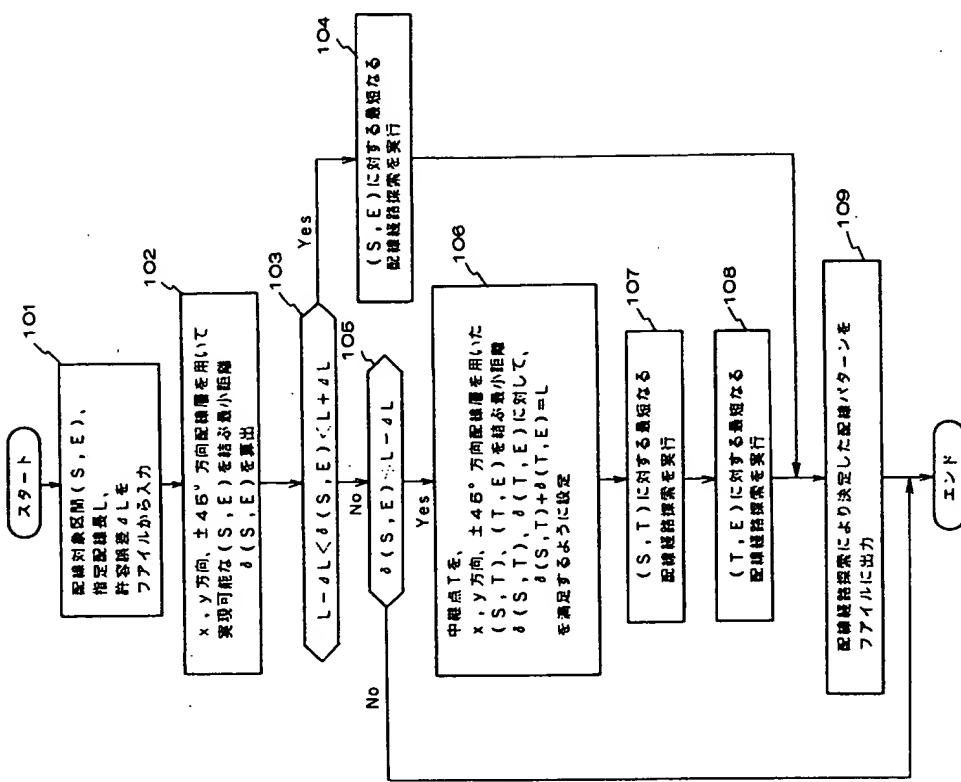
第1図は本発明の一実施例の方法を説明するフ

ローチャート、第2図は本発明の一実施例の方法を実行する処理システムの構成を示すブロック図、第3図から第8図は本発明の一実施例の方法を説明する図、第9図から第11図は従来技術による配線経路の決定方法を説明する図である。

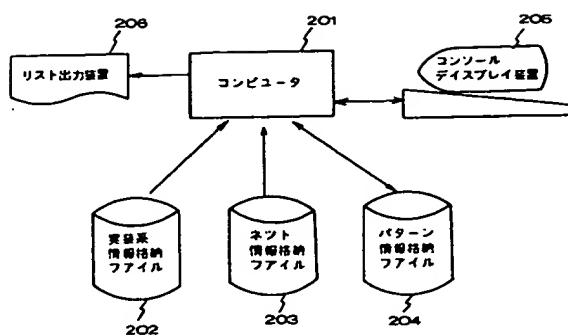
S…配線対象区間の始点、E…配線対象区間の終点、T…中継点、v₁、v₂、…ビア（中継穴）、P_x、P_y、P_z…配線経路、T_{x1}、T_{y1}…中継点設定用探索線、R_{x1}、R_{y1}…中継点設定用探索線の決定が許される領域。

代理人 弁理士 小川勝男

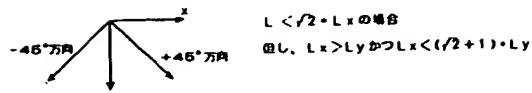
第1図



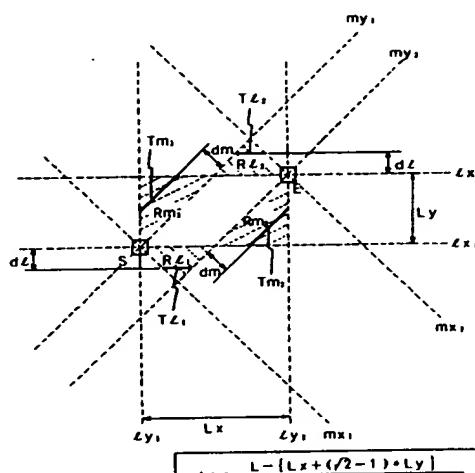
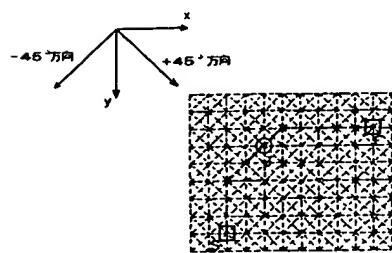
第 2 図



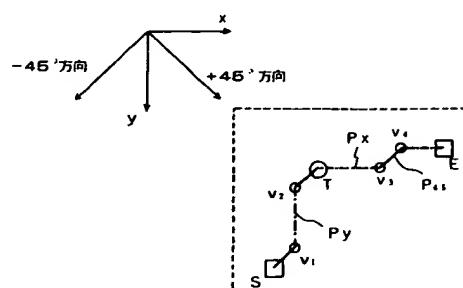
第 6 図



第 3 図



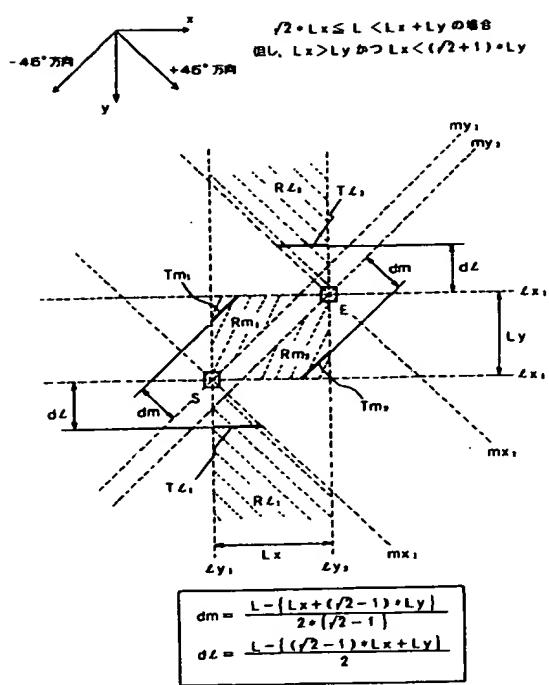
第 4 図



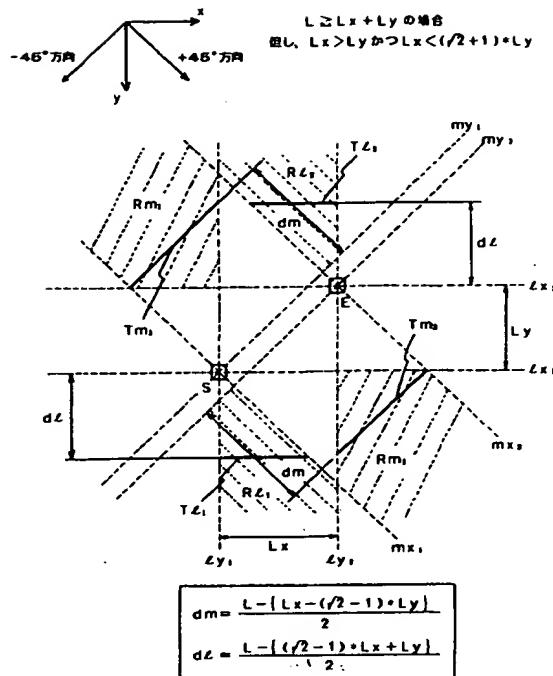
第 5 図

Lx, Ly		L	場合
Lx > Ly	Lx < (1/2 + 1) * Ly { Lx + Ly > √2 * Lx }	L < √2 * Lx √2 * Lx ≤ L ≤ Lx + Ly L ≥ Lx + Ly	① ② ③
	Lx ≥ (1/2 + 1) * Ly { Lx + Ly ≤ √2 * Lx }	L < Lx + Ly Lx + Ly ≤ L < √2 * Lx L ≥ √2 * Lx	④ ⑤ ⑥
Ly ≥ Lx	Ly < (1/2 + 1) * Lx { Ly + Lx > √2 * Ly }	L < √2 * Ly √2 * Ly ≤ L < Ly + Lx L ≥ Ly + Lx	⑦ ⑧ ⑨
	Ly ≥ (1/2 + 1) * Lx { Ly + Lx ≤ √2 * Ly }	L < Ly + Lx Ly + Lx ≤ L < √2 * Ly L ≥ √2 * Ly	⑩ ⑪ ⑫

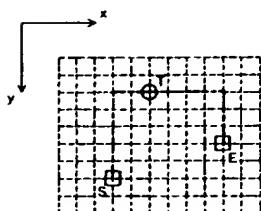
第 7 四



第 8 図



第 9 図



第 11 図

第 10 図

